

ZASTOSOWANIE TELEDETEKCJI DO OCENY FLUORESCENCJI CHLOROFILU W CELU WSPARCIA MONITOROWANIA UPRAW W POLSCE

Radosław Gurdak¹, Maciej Bartold²,

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji, Krakowskie Przedmieście 26/28, 00-927 Warszawa

² Instytut Geodezji i Kartografii, Modzelewskiego 27, 02-679 Warszawa



Celem analizy było zbadanie możliwości szacowania fluorescencji chlorofilu (ChIF) na podstawie wskaźników wegetacji pochodzących z satelity Sentinel-2 w celu monitorowania stresu upraw i weryfikacja zmiennych klimatycznych dla kukurydzy i buraków cukrowych. Autorzy ocenili przydatność trzydziestu trzech wskaźników roślinności (VIs) reprezentujących różne warunki środowiskowe, znajdując związek z pomiarami fluorescencji chlorofilu w terenie. Wyniki analizy statystycznej pozwoliły autorom na znalezienie zależności między wybranymi wskaźnikami opartymi na zdjęciach satelitarnych a mierzoną naziemnie fluorescencją chlorofilu.

DANE SATELITARNE



MATERIAŁY I METODY

Na podstawie wyselekcjonowanych, bezchmurnych zdjęć Sentinel-2 wyliczono 33 wskaźniki roślinności (VIs), które podzielono na 4 grupy w zależności od zastosowania.

Zastosowanie	VIs	Wzór
Ocena ogólnego stanu roślinności	CTVI	$CTVI = \frac{(NDVI + 0.5)}{[NDVI + 0.5]} + \sqrt{NDVI + 0.5}$
	DVI	$DVI = aR_{NIR} - R_{red}$
	EVI	$EVI = \frac{R_{NIR} - R_{red}}{R_{NIR} + C_1 * R_{red} - C_2 * R_{blue} + L}$
	GEMI	$GEMI = n(1 - 0.25n) - \frac{R_{red} - 0.125}{1 - R_{red}}$
	GNDVI	$GNDVI = \frac{R_{NIR} - R_{green}}{R_{NIR} + R_{green}}$
	IRECI	$IRECI = \frac{(R_{NIR} - R_{red})}{R_{rededge1} / R_{rededge2}}$
	MSAVI	$MSAVI = \frac{R_{NIR} - R_{red}}{R_{NIR} + R_{red} + L} * (1 + L)$
	MSAVI2	$MSAVI2 = \frac{1}{2} [2 * R_{800} + 1 - \sqrt{(2 * R_{800} + 1) - 8 * (R_{800} - R_{670})}]$
	NDREI1	$NDREI1 = \frac{R_{790} - R_{720}}{R_{790} + R_{720}}$
	NDREI2	$NDREI2 = \frac{R_{750} - R_{705}}{R_{750} + R_{705} * R_{445}}$
	NDVI	$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{red}}{R_{NIR} + R_{red}}$
	NRVI	$NRVI = \frac{\frac{R_{red}}{R_{NIR}} - 1}{\frac{R_{red}}{R_{NIR}} + 1}$
	REIP	$REIP = 700 + 40 * \left(\frac{(R_{670} + R_{780})}{R_{740} - R_{700}} - R_{700} \right)$
	RVI	$RVI = \frac{R_{red}}{R_{NIR}}$
	SATVI	$SATVI = \frac{R_{NIR} - R_{red}}{R_{NIR} + R_{red} + L} * (1 + L) - \frac{R_{SWIR}}{2}$
	SAVI	$SAVI = \frac{(1 + L)(R_{NIR} - R_{red})}{R_{NIR} + R_{red} + L}$
	SLAVI	$SLAVI = \frac{R_{NIR}}{R_{red} + R_{SWIR}}$
	SR	$SR = \frac{R_{NIR}}{R_{red}}$
TTVI	$TTVI = \sqrt{[NDVI + 0.5]}$	
TVI	$TVI = MSAVI2 * \frac{1}{2} [120 * (R_{750} - R_{550}) - 200 * (R_{670} - R_{550})]$	
WDVI	$WDVI = R_{NIR} * a * R_{red}$	
CLG	$CLG = \frac{R_{NIR}}{R_{green}} - 1$	
CLRE	$CLRE = \frac{R_{750}}{R_{710}} - 1$	
MCARI	$MCARI = [(R_{700} - R_{670}) - 0.2 * (R_{700} - R_{550})] * \frac{R_{700}}{(R_{700} - R_{670})}$	
MTCI	$MTCI = \frac{R_{754} - R_{709}}{R_{709} - R_{681}}$	
S2REP	$S2REP = 705 + 35 * \frac{((R_{NIR} + R_{red})/2) - R_{705}}{(R_{740} - R_{705})}$	
Ocena ilości barwników fotosyntetycznie czynnych	SIPI	$SIPI = \frac{R_{800} - R_{450}}{R_{800} + R_{650}}$
	ZMI	$ZMI = \frac{R_{750}}{R_{710}}$
Ocena zawartości wody	DSWI	$DSWI = \frac{R_{802} + R_{547}}{R_{1657} + R_{682}}$
	MNDWI	$MNDWI = \frac{R_{green} - R_{MIR}}{R_{green} + R_{MIR}}$
	NDWI	$NDWI = \frac{R_{green} - R_{NIR}}{R_{green} + R_{NIR}}$
	NDWI2	$NDWI2 = \frac{R_{857} - R_{1241}}{R_{857} + R_{1241}}$
NDII	$NDII = \frac{R_{850} - R_{1650}}{R_{850} + R_{1650}}$	

DANE IN-SITU

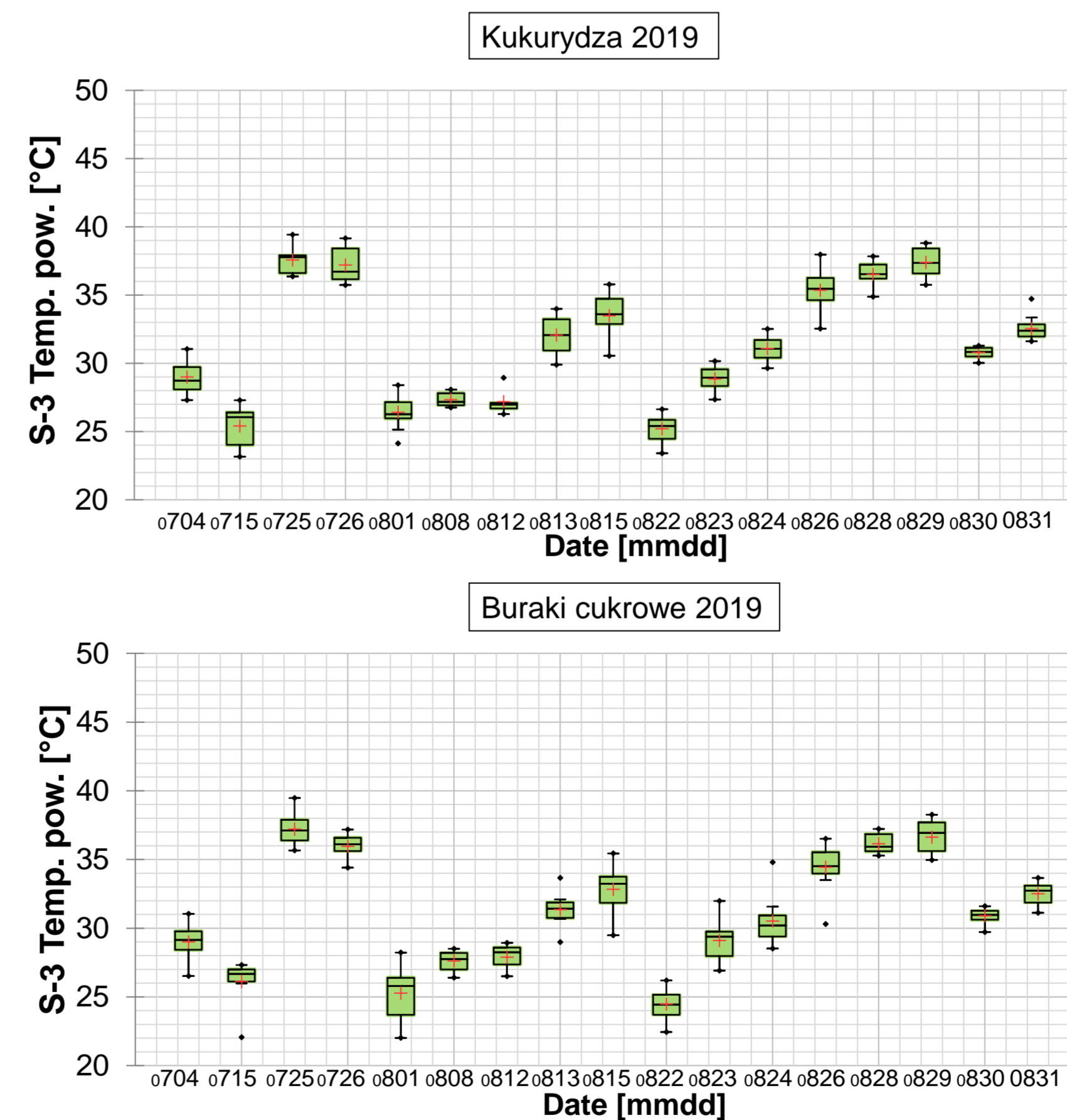
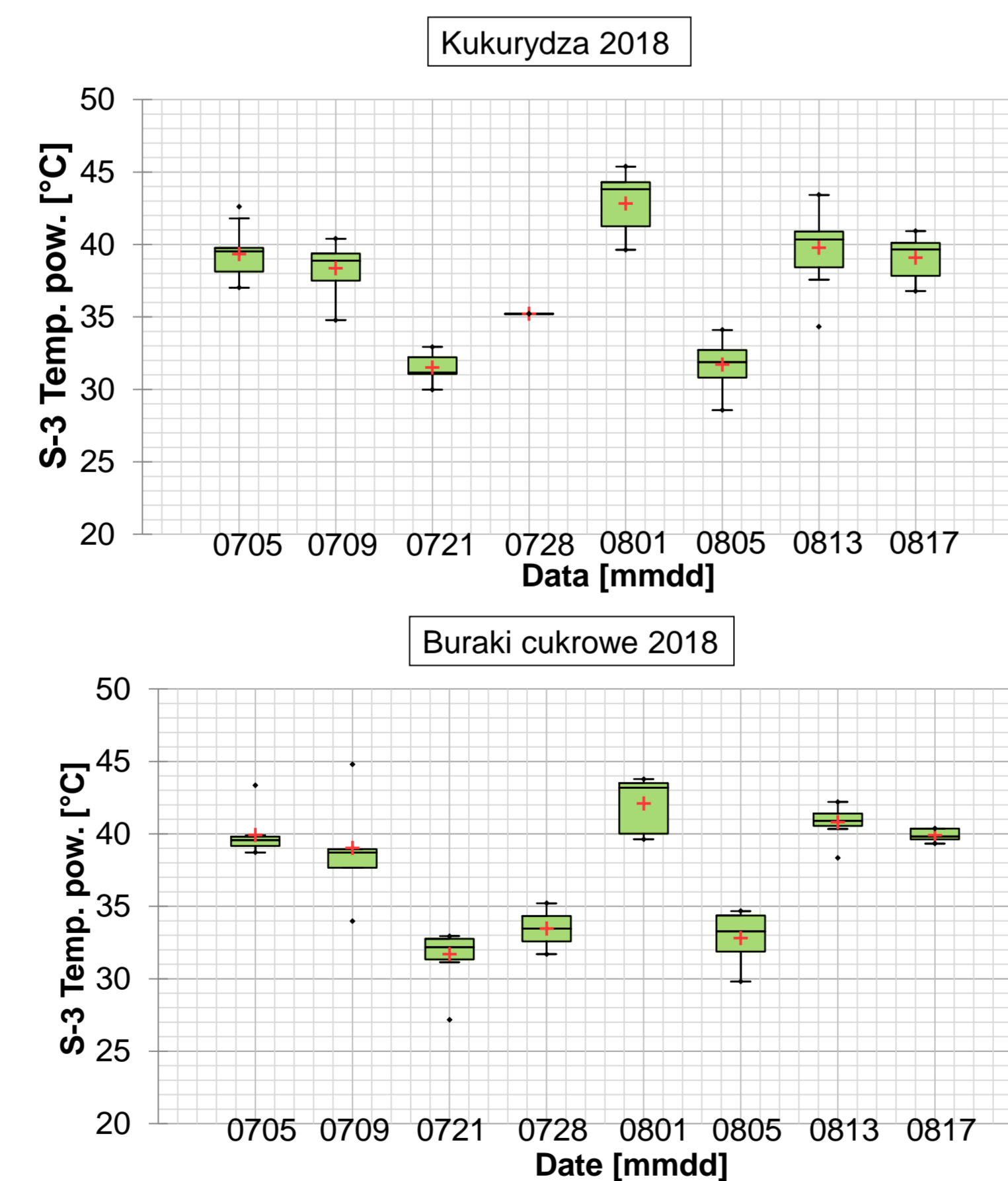
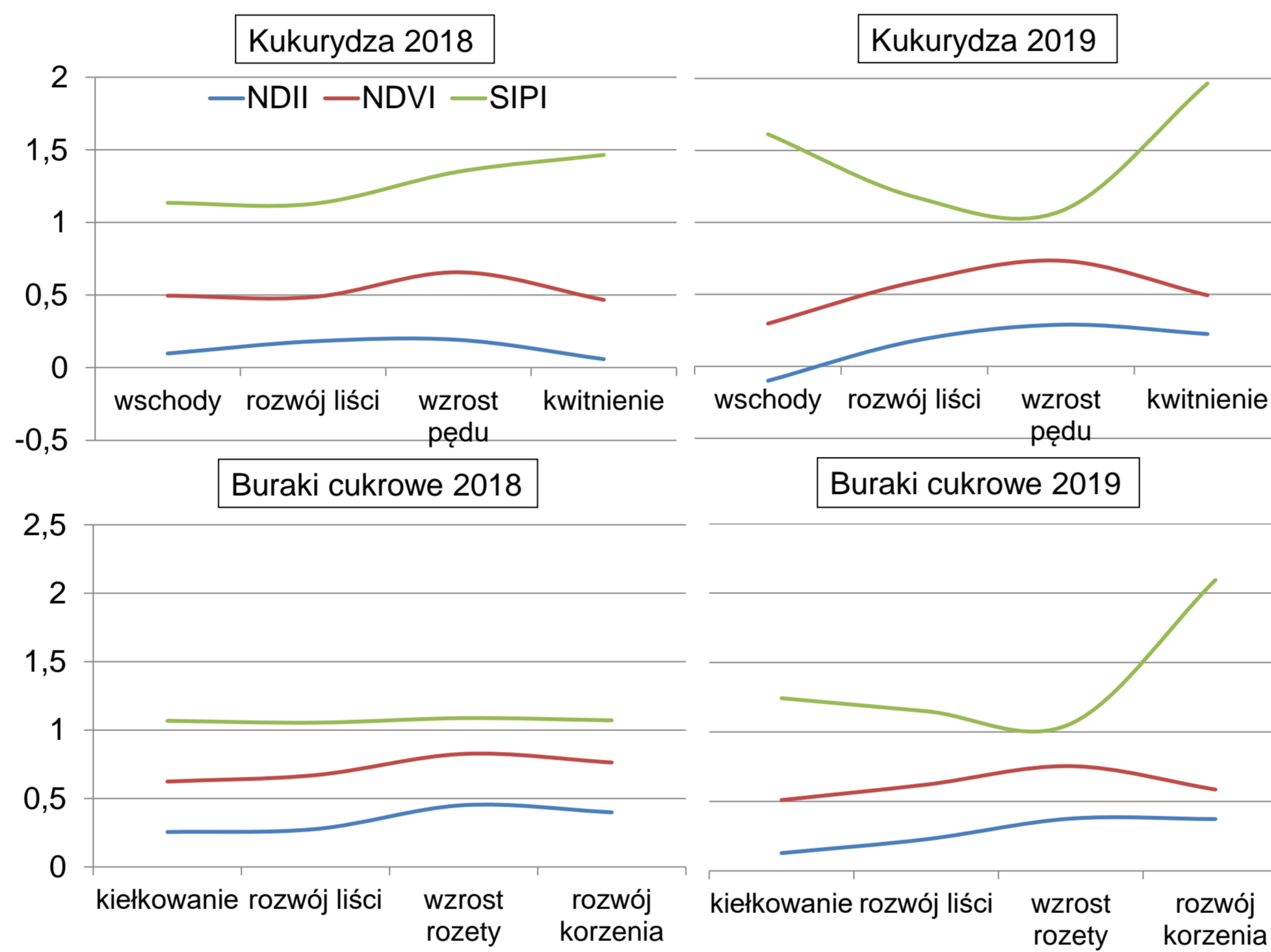
OS5p+ Pulse Modulated Chlorophyll Fluorometer
Rejestracja maksymalnej wydajności kwantowej F_v/F_m



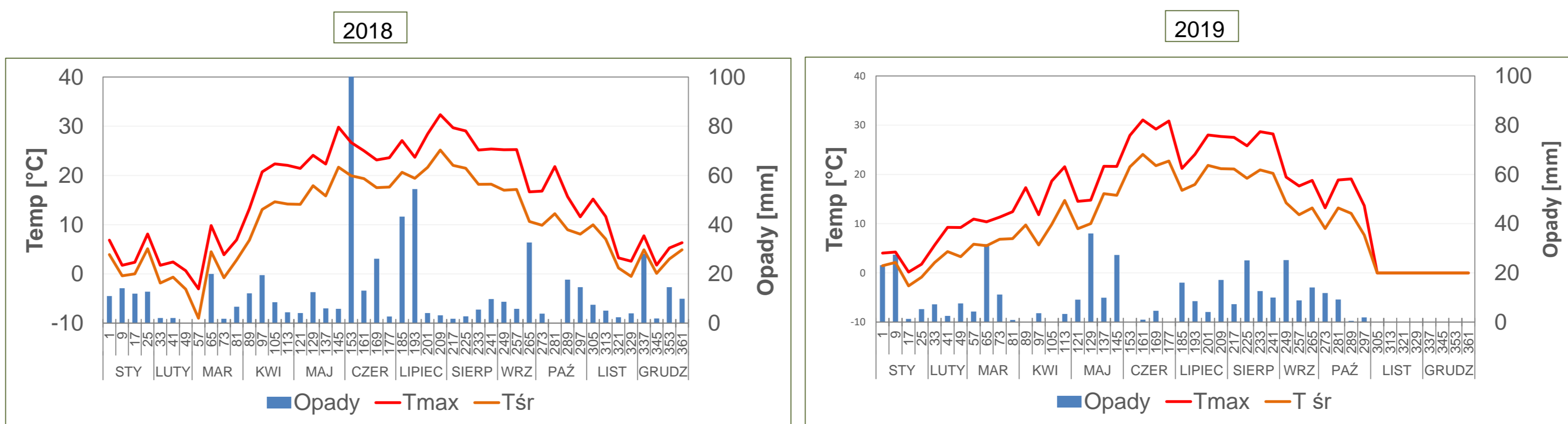
F_v/F_m – stosunek fluorescencji zmiennej do maksymalnej; maksymalna wydajność PS II po adaptacji do ciemności. Optymalna wartość tego parametru dla roślin naczyniowych powinna utrzymywać się na poziomie nie niższym niż 0,80. F_v/F_m jest wielkością bezwymiarową. Niższe wartości tego parametru wskazują na podwyższony stres roślinności

WYNIKI

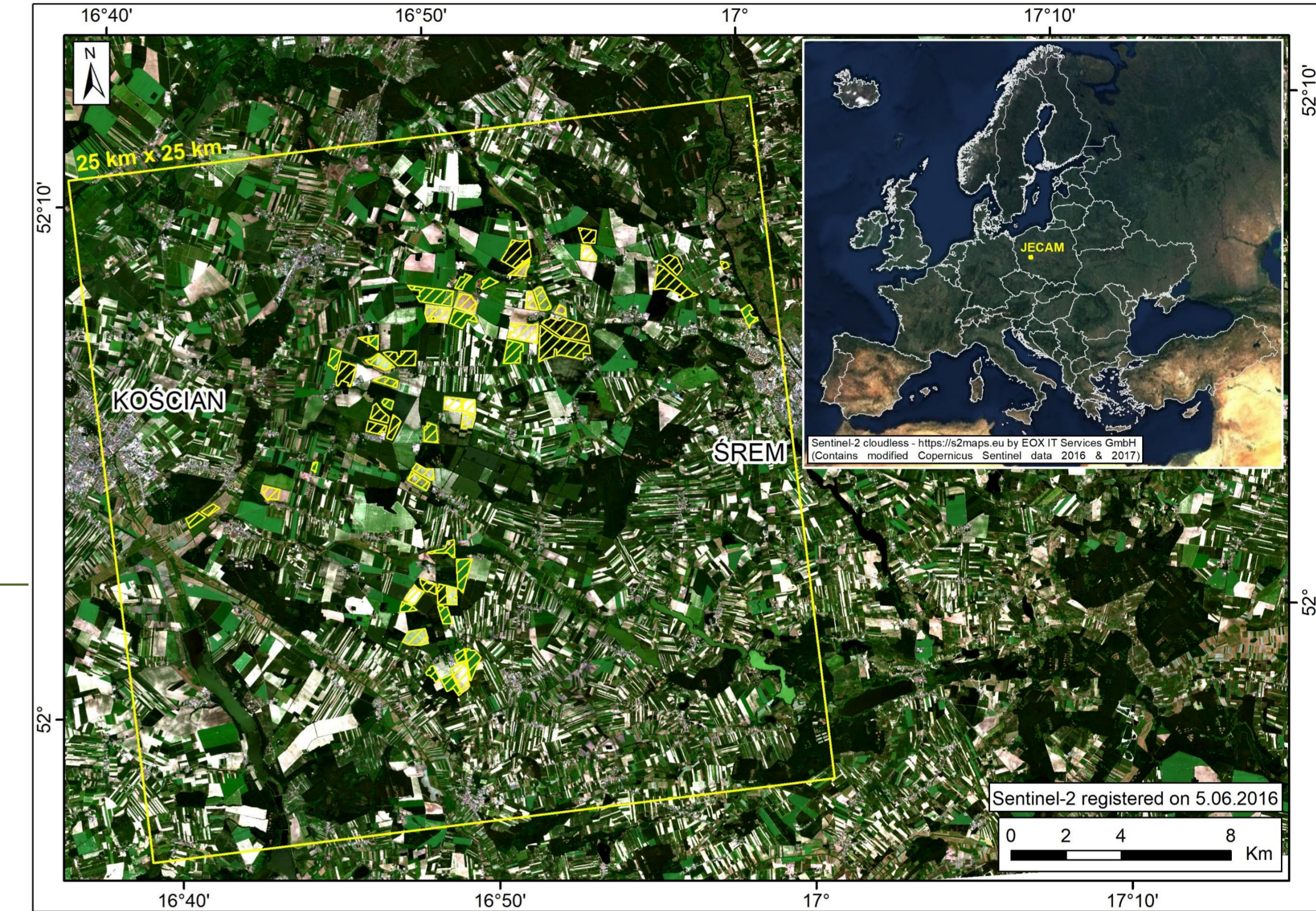
Przeprowadzono analizę zmienności czasowej VIs. Obliczono średnie wartości wskaźników z pól i podzielono je na poszczególne etapy rozwoju upraw.



Po ustaleniu zmiany zachowania roślin w ciągu dwóch lat wyciągnięto wnioski dotyczące wpływu warunków pogodowych na stan roślinności. Wiosna i lato w 2018 r. charakteryzowały się krótkimi i intensywnymi okresami deszczu przy całkowitych opadach 40–50 mm w ciągu jednego tygodnia, a także okresami upałów, które mogą znacznie pogorszyć warunki suszy poprzez przyspieszenie parowania i wzmocnienie stresu termicznego na uprawy. Latem 2019 r. opady występowały równomiernie - 15-20 mm deszczu, w każdym tygodniu.



OBSZAR BADAŃ



DYSKUSJA

W kolejnym etapie pracy przeprowadzono analizę korelacji między poszczególnymi wskaźnikami roślinnymi uzyskanymi ze zdjęć satelitarnych a wartościami ChIF pomierzonymi w terenie. W ten sposób chciano ustalić, czy istnieje istotny związek między tymi dwoma parametrami. Przeprowadzono analizę korelacji mierzonego naziemnie ChIF i VIs uzyskanych z obrazów satelitarnych Sentinel-2.

Analizując temperatury powierzchni uzyskane z danych Sentinel-3 zauważono spójność rejestracji temperatury za wszystkich 19 pól kukurydzy, a także ze wszystkich 10 pól buraków cukrowych. Wartości średnie i mediany Sentinel-3 LST uzyskane z pól uprawnych są wysoce spójne. Na większą spójność rejestracji temperatur satelitarnych w 2019 r. w porównaniu z 2018 r. mogą wpływać długotrwałe i stabilne warunki suszy na całym badanym obszarze.

Zastosowanie	VIs	Kukurydza	Buraki cukrowe	
Ocena ogólnego stanu roślinności		współczynnik r		
		CTVI	0,19	0,36
		DVI	0,24	0,29
		EVI	0,61	0,45
		GEMI	-0,26	-0,25
		GNDVI	0,07	0,35
		IRECI	0,64	0,22
		MSAVI	0,17	0,37
		MSAVI2	0,17	0,37
		NDREI1	0,14	0,35
		NDREI2	0,06	0,35
		NDVI	0,19	0,35
		NRVI	-0,19	-0,35
		REIP	0,15	0,31
		RVI	-0,17	-0,37
		SATVI	0,22	0,40
		SAVI	0,56	0,32
	Ocena ilości barwników fotosyntetycznie czynnych		SLAVI	0,37
		SR	0,29	0,21
		TTVI	0,19	0,36
		TVI	0,55	0,21
		WDVI	0,24	0,29
		CLG	0,06	0,24
Ocena ilości światła wykorzystywanego w procesie fotosyntezy		CLRE	0,09	0,28
		MCARI	0,35	0,26
		MTCI	-0,01	0,38
Ocena zawartości wody		S2REP	0,46	0,43
		SIPI	-0,68	0,24
Ocena zawartości wody		ZMI	0,54	-0,13
		DSWI	0,64	0,22
		MNDWI	0,54	0,09
		NDWI	-0,07	-0,35
	NDWI2	0,37	0,33	
	NDII	0,65	0,31	

Wskaźniki SIPI i NDII uzyskane z S2 dla kukurydzy dość wysoce korelują z mierzoną naziemnie ChIF (odpowiednio $r = -0,68$ i $r = 0,65$), natomiast dla buraków cukrowych występuje niższa korelacja przy $r = 0,43$ dla S2REP i $r = 0,46$ dla EVI. Wyniki wskazują, że dane satelitarne Sentinel-2 można stosować do monitorowania warunków stresowych podczas sezonu wegetacyjnego.